



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift  
⑩ DE 43 02 283 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**B 07 C 5/34**  
B 29 B 17/02  
B 07 B 13/065  
B 07 B 13/18  
B 07 B 15/00

②1 Aktenzeichen: P 43 02 283.9  
②2 Anmeldetag: 25. 1. 93  
④3 Offenlegungstag: 28. 7. 94

DE 43 02 283 A 1

⑦1 Anmelder:  
Institut für Umwelttechnologien GmbH, O-1199  
Berlin, DE

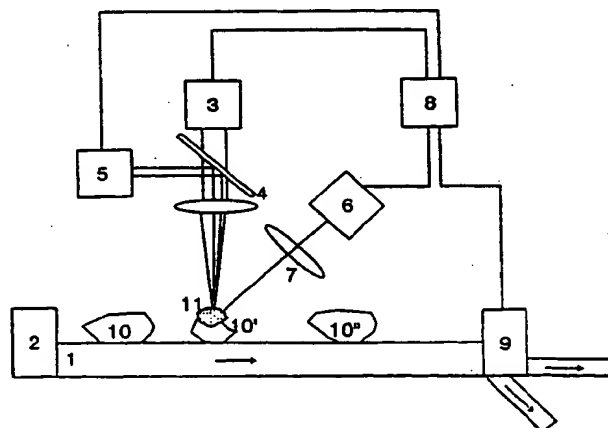
⑦2 Erfinder:  
Lademann, Jürgen, Dr.sc.nat., O-1240 Fürstenwalde,  
DE; Ließ, Hans-Dieter, Prof. Dr., 8193 Münsing, DE;  
Weigmann, Hans-Jürgen, Dr.rer.nat., O-1180 Berlin,  
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Separieren und Sortieren von Kunststoffabfällen

⑤7 Bekannte Verfahren zum Trennen von Kunststoffabfällen nach der Kunststoffart ermöglichen keine vollständig sortenreine Trennung oder werden durch Verunreinigungen negativ beeinflusst bzw. lassen sich nicht automatisieren. Demgegenüber ermöglicht die Erfindung einen automatisierten und exakten Separierungs- und Sortierprozeß von Kunststoffabfällen.

Dazu werden auf einem Transportband (1) die Kunststoffteile (10) an einer Meßvorrichtung vorbeigeführt, die aus einem Laser (3) zum Abtrag und Verdampfen des Materials besteht, aus einem zweiten Laser (5) zum Anregen charakteristischer Strahlung aus der Dampfwolke (11) sowie aus einer spektroskopischen Detektionseinrichtung (6), die die Kunststoffart erkennt und über eine Auswerte- und Steuereinheit (8) die Trennvorrichtung (9) zum Sortieren steuert. Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Trennung von verschieden zusammengesetzten Kunststoffabfällen in der Abfallaufbereitung und in der Vorbereitung von Recyclingprozessen.



DE 43 02 283 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die zum Separieren und Sortieren von Kunststoffabfällen, insbesondere im Hausmüll, verwendet werden kann. Sie soll die verschiedenen Kunststoffsorten im Müll identifizieren und eine Trennung der Kunststoffabfälle steuern, so daß die gesammelten Kunststoffe sortenrein einem Recyclingprozeß zugeführt werden können.

Die gegenwärtige Abfallsituation ist durch eine ständige Zunahme der Menge des anfallenden Mülls, auch des Hausmülls, gekennzeichnet. Das wird vor allem durch immer mehr Verpackungen verursacht. Die Verpackungen, die nach Gebrauch regelmäßig als Müll anfallen, bestehen zu einem erheblichen Teil aus Kunststoffen, die wegen ihrer hohen Resistenz gegen Verrottung einerseits die Deponiekapazität stark belasten, andererseits in Müllverbrennungsanlagen schädliche oder sogar stark toxische Abprodukte freisetzen. Von der Substanz her stellen jedoch gerade die Kunststoffabfälle wertvolle Rohstoffe dar, die nach einem entsprechenden Recyclingprozeß wiederverwendet werden könnten und auf diese Weise die natürlichen Ressourcen schonen wie auch die Umweltbelastung mit Abfall mindern würden.

Das wesentliche Problem bei der Aufbereitung von Kunststoffabfällen, insbesondere aus dem Müll, liegt darin, daß eine Vielzahl von verschiedenen Kunststoffen verwendet werden, die vor einer Wiederverwendung streng voneinander getrennt werden müssen, da sie in der Regel unverträglich zueinander im Verarbeitungsprozeß reagieren. Das heißt, es muß vor einem Recyclingprozeß, der sich etwa als Verfahrensablauf Reinigung, Granulierung, Einschmelze und Pressen bzw. Spritzen von neuen Fertigteilen darstellen läßt, eine sortenreine Trennung der Kunststoffabfälle vorgenommen werden. Zu diesem Zweck werden bei der Abfall/Müllaufbereitung verschiedene Verfahren eingesetzt bzw. in der Technik empfohlen.

Die triviale Methode zur sortenreinen Gewinnung von Wertstoffen aus Müll bzw. Abfall ist die manuelle Sortierung am Fließband. Dieses Verfahren ist mit hohen Personalkosten, mit einer starken Gesundheitsgefährdung bzw. Schmutz- und Geruchsbelastung der eingesetzten Personen sowie mit einer relativ hohen Fehlerquote verbunden, da eine eindeutige Identifizierung der Kunststoffart durch bloße Inaugenscheinnahme nicht immer zuverlässig möglich ist.

Aus der DE-OS 32 10 972 ist des weiteren ein Verfahren bekannt, bei dem vorzerkleinerte Kunststoffabfallgemische nach der Reinigung dadurch nach der Kunststoffart getrennt werden, daß die Kunststoffteilchen in einer stationären, langsam umlaufenden Flüssigkeitsströmung in Abhängigkeit von ihrem spezifischen Gewicht absinken oder aufschwimmen.

Auch in der DE-OS 40 37 024 werden vorzerkleinerte Teilchen aus verschiedenen Kunststoffen unter Ausnutzung ihrer unterschiedlichen Dichten separiert. Dazu werden die Teilchen in einer dünnen Schicht einem Naßschüttelherd aufgegeben.

In der DE-OS 21 07 268 werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur sicheren Trennung von unterschiedlichen Kunststoffabfällen nach der Kunststoffart beschrieben, wobei ebenfalls die Schritte Zerkleinern, Reinigen, Trennung in Flüssigkeit nach der Dichte, Mahlen und Trocknen anfallen.

Allen diesen Verfahren ist gemein, daß ein hoher Aufwand, insbesondere bei der Müllverwertung, zur Reini-

gung und Vorsortierung betrieben werden muß und daß die erhaltenen separierten Kunststoffteilchenfraktionen zu einem nicht unbeträchtlichen und für viele Verwendungszwecke unangemessen hohen Anteil Gemischkomponenten anderer Kunststoffsorten enthalten.

Aus der DE-OS 40 04 300 ist eine Methode zur Kunststofftrennung bekannt, bei der Kunststoffabfälle nach Zerkleinerung, Reinigung und Trocknung auf eine beheizbare bewegliche Unterlage gegeben werden, wobei die Teilchen aus der Kunststoffsorte mit der niedrigsten Erweichungstemperatur an der Unterlage anhaften während die übrigen abfließen können. Die anhaftenden Teile werden von der Unterlage abgeschabt und der Prozeß kann bei höherer Temperatur wiederholt werden.

Auch in der DE-OS 41 12 179 wird die unterschiedliche Erweichungstemperatur verschiedener (thermoplastischer) Kunststoffsorten ausgenutzt. Hierbei werden Formkörper, z. B. Flaschen, Becher etc. bis zur Erweichung der Kunststoffsorte mit der niedrigsten Erweichungstemperatur erhitzt. Dabei verlieren die Formkörper aus dieser Kunststoffart ihre Formstabilität; es werden nur die Teile mit einer dadurch eingetretenen Volumenreduzierung von den übrigen getrennt und der Vorgang anschließend wiederholt. Derartige Methoden eignen sich jedoch nur zur Trennung thermoplastischer Kunststoffe und weisen wegen der relativen Nähe der Erweichungstemperaturen der gebräuchlichsten Kunststoffsorten zweifellos auch eine hohe Mischungsquote der separierten Komponenten auf.

Die DE-OS 35 20 486 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Sortierung von Kunststoffhohlkörpern aus Müll, insbesondere Hausmüll. Hierbei werden die unsortierten Kunststoffhohlkörper auf einer Transportstraße unter einem optischen Erfassungsgerät vorbeigeführt, das für eine Identifizierung und Separierung der Körper entsprechend ihrer Kunststoffsorte sorgt. Dabei ist man jedoch auf bereits bei der Fertigung der Hohlkörper anzubringende Markierungen oder Codes an den Körpern angewiesen, was eine echte sortenspezifische Erkennung beliebiger Kunststoffprodukte und -abfälle nicht ermöglicht.

Auch die DE-OS 40 02 806 offenbart eine Vorrichtung zum Sortieren von Abfällen. Auf einem Transportband werden die Abfälle an Sensoren vorbeigeführt, die für eine sortenspezifische Erkennung sorgen und Greifroboter bzw. Abstreifer steuern sollen. Die Sensoren sollen nach nicht näher beschriebenen Prinzipien, z. B. kapazitiv, induktiv, optisch, mit Ultraschall oder IR-Licht arbeiten, wobei eine konkrete Anregung, wie verschiedene, i. A. sehr ähnliche Komponenten wie z. B. verschiedene Kunststoffsorten voneinander unterschieden werden können, nicht entnehmbar ist.

Es war also Aufgabe der Erfindung eine Lösung anzugeben, die eine exakte Identifizierung von im Müll befindlichen Körpern, insbesondere von Kunststoffabfällen, entsprechend ihrer chemischen Zusammensetzung ermöglichen sollte, wobei Verschmutzungen und die Verbindung mit anderen Materialien wie Papier oder Metall keinen Einfluß auf das Ergebnis haben sollten. Die technische Lösung sollte sich darüber hinaus zur Steuerung einer entsprechenden automatischen Sortieranlage eignen.

Erfindungsgemäß wurde die Aufgabe durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gelöst, wobei die Vorrichtung aus folgenden Komponenten besteht:

— Transportband mit Vereinzelungsvorrichtung

- Impulsgaslaser, vorzugsweise gepulster CO<sub>2</sub>-Laser zum Materialabtrag/Materialverdampfung
- Anregungslaser, vorzugsweise Flüssigkeitslaser (Farbstofflaser) zur spektralen Dampfanregung
- optisches System mit Analysator zur Auswertung der Anregungsspektren
- Auswerte- und Steuereinheit
- Trennvorrichtung z. B. Greifroboter, Abzweigungen, Weichen.

Das Verfahren zur Trennung von Kunststoffkomponenten im Hausmüll läuft folgendermaßen ab:

Der verschiedene Kunststoffe enthaltende Müll wird zuerst auf ein Transportband gegeben und durch eine Vereinzelungsvorrichtung darauf verteilt. Über dem Transportband befindet sich ein energiereicher, in kurzer Folge gepulster Impulsgaslaser, vorzugsweise ein CO<sub>2</sub>-Laser, der langbrennweitig auf Gegenstände fokussiert ist, die sich auf dem Transportband bewegen. Durch die lange Brennweite wird sichergestellt, daß Flächen, die sich in unterschiedlicher Höhe über dem Transportband befinden, stets unter ähnlichen optischen Verhältnissen mit den Laserimpulsen beaufschlagt werden. Durch die Laserimpulse wird in kurzer Folge etwas Material von den auf dem Transportband befindlichen Gegenständen abgetragen und zum Verdampfen gebracht.

Ein weiterer Laser, vorzugsweise ein Flüssigkeitslaser (Farbstofflaser) ist über seine Optik derart auf den Auftreffpunkt des Strahles des abtragenden (CO<sub>2</sub>-)Lasers gerichtet, daß er die Dampf Wolke in geeigneter Weise zur Emission charakteristischer, substanzspezifischer Strahlung anregt. Diese Strahlung wird durch eine gleichfalls auf den Raumbereich des Auftreffpunktes der Laserstrahlung gerichtete großflächige Optik aufgenommen und einer Analysevorrichtung zwecks Auswertung der Emissionsspektren zugeführt. Auf diese Art ist eine Identifizierung des Materials der auf dem Fließband befindlichen Gegenstände möglich. Nach der Identifizierung erfolgt über eine Auswerte- und Steuereinheit die Ansteuerung der Trennvorrichtung, die für eine Separation der identifizierten Gegenstände in Abhängigkeit vom Material, z. B. von der Kunststoffsorte sorgt. Diese Trennvorrichtung kann als Greifroboter ausgebildet sein, kann aber auch aus geeignet angesteuerten Weichen und Abzweigungen des Transportbandes bestehen. Durch die kurze Impulsfolge des abtragenden Lasers wird sichergestellt, daß jeder auf dem Band befindliche Körper einer mehrfachen Analytik unterzogen wird. Dadurch kann eine eindeutige Identifizierung auch in den Fällen sichergestellt werden, da sich an einem ersten Meßpunkt nicht identifizierbare Verunreinigungen oder Fremdkörper z. B. Metallbeschichtungen, befinden. Erst wenn nach mehreren Impulsen keine eindeutige Materialzuordnung erfolgen kann, wird durch die Trennvorrichtung der betreffende Gegenstand als nicht identifizierbar aussortiert, ggf. einem neuen Durchlauf durch die Anlage zugeführt.

Nachfolgend soll die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Realisierungsmöglichkeit der Erfindung.

Auf ein Transportband 1 werden mittels einer Vereinzelungsvorrichtung 2 die stückigen Müll-/Abfallbestandteile 10, 10', 10'' derart aufgebracht, daß sie möglichst auseinandergezogen und voneinander getrennt entsprechend der Bewegungsrichtung des Transportbandes

transportiert werden. Bei Erreichen einer bestimmten Stelle in der Bewegungsrichtung des Transportbandes werden sie über ein optisches System 4 mit Strahlungsimpulsen des CO<sub>2</sub>-Impulslasers 3 beaufschlagt. Im Ergebnis der Strahlungsimpulse wird von den Gegenständen 10, 10', 10'' Material abgetragen und verdampft, so daß sich über den Gegenständen eine Dampf Wolke 11 ausbildet. Über das optische System 4 wird in den Strahlengang des Impulsgaslaser 3 zusätzlich noch die Strahlung eines Farbstofflasers 5 eingekoppelt, die die Bestandteile der Dampf Wolke zur Emission charakteristischer Strahlung anregt. Diese charakteristische Strahlung wird über ein optisches System 7 aufgenommen und einem Detektor 6 zugeführt, der mit der Auswerte- und Steuereinheit 8 verbunden ist. Diese Auswerte- und Steuereinheit, die neben der Steuerung der beiden Laser 3 und 5 auch die Identifizierung der Materialart anhand der Detektorsignale vornimmt, steuert darüber hinaus aus der Berechnung des Ortes des Gegenstandes sowie der Geschwindigkeit des Transportbandes 1 die Trennvorrichtung 9, die hier als Weichensystem am Ende des Transportbandes ausgebildet ist. Diese Trennvorrichtung 9 sorgt also dafür, daß die Gegenstände 10, 10' und 10'' entsprechend ihrer Zusammensetzung separiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Separieren und Sortieren von Kunststoffabfällen, dadurch gekennzeichnet, daß die Kunststoffabfälle auf einem Transportband verteilt werden, mit energiereichen Laserimpulsen hoher Folgefrequenz zum Abtrag und zur Verdampfung von Material beaufschlagt werden, daß die entstehende Dampf Wolke mittels Strahlung eines zweiten Lasers angeregt und anschließend spektral analysiert wird, wobei das Ergebnis der Spektralanalyse Auskunft über die stoffliche Zusammensetzung des Gegenstandes auf dem Transportband gibt, die zur Steuerung einer Trennvorrichtung benutzt wird.
2. Vorrichtung zum Separieren und Sortieren von Kunststoffabfällen mit einem Transportband, einer Vereinzelungsvorrichtung und einer Trennvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß über dem Transportband (1) über ein optisches System (4) ein gepulster energiereicher Laser (3) und ein weiterer Laser (5) zur spektralen Anregung angeordnet sind, daß ein spektrales Detektionssystem (6) derart angeordnet ist, daß sein optisches System (7) den Raumwinkelbereich des Auftreffpunktes der Laserstrahlung erfaßt, daß die Laser (3) und (5) und der Detektor (6) mit einer Auswerte- und Steuereinheit (8) verbunden sind, die in Abhängigkeit von der ermittelten stofflichen Zusammensetzung des untersuchten Abfallgegenstandes (10) und in Auswertung der Geschwindigkeit des Transportbandes (1) die Trennvorrichtung (9) steuert.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (3) vorzugsweise ein CO<sub>2</sub>-Impulsgaslaser ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Anregungslaser (5) vorzugsweise ein Farbstofflaser ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System (4) aus einem teildurchlässigen Spiegel zur Einkopplung der Strahlung des Anregungslasers (5) in den Strahlen-

gang des Lasers (3) und einem langbrennweitigen  
Linsensystem besteht.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 5, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß die Trennvorrichtung (9) als ge-  
steuerte Abzweigungen oder Weichen des Trans-  
portbandes (1) oder als Greifroboter ausgebildet  
ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

